

# 上向流移床型ろ過（実施設）における窒素除去技術

(財) 愛知水と緑の公社 須藤真琴 ○別府智志 有働哲也  
(株) タクマ 奥田正彦 斎藤智生

## 1. はじめに

閉鎖性水域の富栄養化対策として、下水処理施設における放流水中の窒素、りん除去性能の向上が課題となっている。規制基準がより厳しくなりつつある中、愛知県では流域別下水道整備総合計画において、伊勢湾、三河湾流域の処理能力が 30,000m<sup>3</sup>/日以上処理場で高度処理を行う計画とし、整合をとりながら、段階的に高度処理設備を建設している状況にある。これに伴い矢作川浄化センターの砂ろ過設備には、従来の上向流固定床型ではなく、設置面積が小さい上向流移床型が平成 17 年度に増設された。

本装置は、連続洗浄機構を有するため、ろ層損失水頭が低く、水質変動に対しても安定した性能を発揮できることから、通常は BOD、SS 除去のための高度処理施設と位置付けられている。さらに、有機物添加と洗浄排水の循環を行うことで、迅速かつ安定した硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N) の除去機能を付加することができる。<sup>1)</sup>

そこで演者らは、実施設として稼働している上向流移床型砂ろ過設備に、メタノール (MeOH) 添加設備と洗浄排水循環設備を設置し、NO<sub>3</sub>-N 濃度を 2~3mg/L (T-N 5mg/L 以下) を目標とした窒素除去運転を行った結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 試験装置

試験は、凝集剤添加型ステップ流入式多段硝化脱窒法 (3 段階) で処理された最終沈殿池処理水を原水とした。表-1 に既設砂ろ過池の仕様を、図-1 に今回実験において脱窒機能を付加した上向流移床型砂ろ過池の構造を示す。

既設砂ろ過設備の 4 池 (40,000m<sup>3</sup>/日) のうち 1 池を実験系とした。脱窒を促進させる炭素源として、MeOH (濃度 50%) を注入ポンプにて調圧槽へ添加することで、原水 (終沈越流水) と混合させた。また、MeOH 添加は定量注入方式とした。脱窒細菌の供給と原水によって持ち込まれる溶存酸素 (DO) を消費させるために、洗浄排水の一部を排水循環ポンプで取水し、同様に調圧槽へ添加し、原水と混合させた。

項目	仕様
設計水量	10,000m <sup>3</sup> /日・池 (日最大)
形式	上向流移床型ろ過 (RCマルチモジュール)
ろ過面積	36 m <sup>2</sup> /池 (6 m <sup>2</sup> ユニット×6 基)
ろ過速度	280 m/日 (日最大水量)
ろ層構成	珪砂、ろ層高さ 1 m
洗浄空気量	10~20NL/min (ろ過面積あたり)

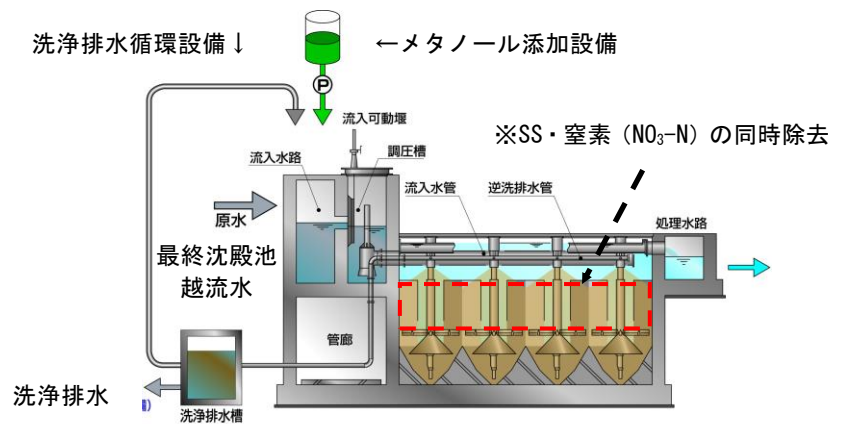


図-1 今回使用した上向流移床型砂ろ過池の構造

## 2.2 試験条件

表-2 に平成 18 年 8 月～平成 19 年 2 月までの試験条件を示す。脱窒用に改良した砂ろ過装置では、ろ層高さ 2.0m の条件で、原水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度 15mg/L に対して最大 400m/日までのろ過速度で窒素除去が行えることが過去に報告されている<sup>1)</sup>が、今回の試験で使用した砂ろ過池は SS 除去用で、ろ層高さは 1.0m である。そこで、ろ過速度と窒素除去率の関係を調査するため、ろ過速度を 100、150、200、280m/日の 4 段階に設定した。

MeOH 添加量は原水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を想定し、その 3 倍量を基準にやや過剰 (3 倍以上)、やや不足 (3 倍以下) とし、添加量と除去性能の関係を調査した。洗浄排水の循環量は、砂ろ過流入水 (原水と排水の混合液) SS 濃度が 10～20mg/L になるように、原水量に対して 10～15%程度とした。

また、対照系として隣接する移床型砂ろ過池 (MeOH 添加と排水循環をしないろ過池) の処理水についても水質測定を行い、実験系との比較を行った。

表-2 試験条件

項目	運転条件	
ろ過速度	100、150、200、280m/日	
原水	T-N 濃度	4.9 ~ 7.9 mg/L
	$\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度	4.9 ~ 7.7mg/L
	DO 濃度	4.9 ~ 7.3 mg/L
MeOH 添加量	18 ~ 24 mg/L	
MeOH/ $\text{NO}_3\text{-N}$ 比	2.8 ~ 4.9	
排水循環比	10 ~ 15% (対原水比)	

## 3. 試験結果及び考察

### 3.1 馴致運転

図-3 にろ過速度 100m/日での馴致運転における窒素濃度の経日グラフを示す。MeOH 添加と排水循環を開始すると、処理水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度は徐々に下がりはじめ、2～3 週間程度で馴致は完了し、処理水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度はほぼゼロとなった。そこで、一時的に MeOH 添加と排水循環を停止して再度立ち上げを行ったところ、ほぼ同様の期間で馴致を完了することができた。

さらに、馴致完了時にはろ過器流入水 (原水と排水の混合液) SS 濃度は 10～20mg/L で、ろ層内 DO 濃度はほぼゼロとなっていた。

### 3.2 ろ過速度と窒素除去

図-4 にろ過速度 150～280m/日における窒素濃度を示す。処理水については対照系についても示す。この期間は MeOH 量が律速因子とならないようにやや過剰ぎみの添加量として運転を行った。

ろ過速度 150m/日の条件では 100m/日と同様に処理水  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度がほぼゼロとなり、T-N 濃度を 1～2mg/L とすることができた。ろ過速度を 200m/日、280m/日と大きくすると、若干ではあるが処理水 T-N 濃度が上昇した。各期間の T-N 除去率 (平均値) は、ろ過速度 100m/日で 87%、150m/日で 78%、200m/日で 78%、280m/日で 72%であった。さらに、ろ過速度 280m/日では処理水に  $\text{NO}_2\text{-N}$  が 0.2～0.4mg/L 程度発生しはじめたことから、窒素除去としての限界に近づいていると考えられる。

図-5 に各ろ過速度と窒素除去量 (kg- $\text{NO}_3\text{-N}$ /日) の関係

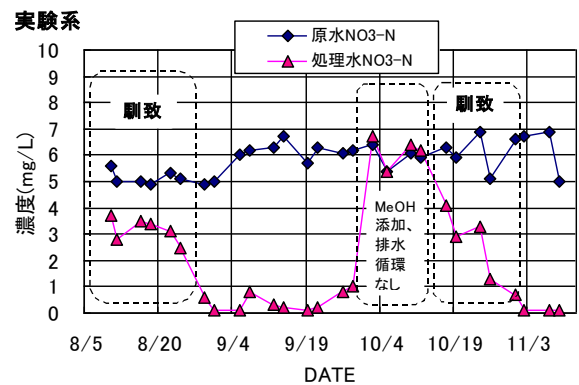


図-3 馴致運転の経日グラフ (ろ過速度 100m/日)

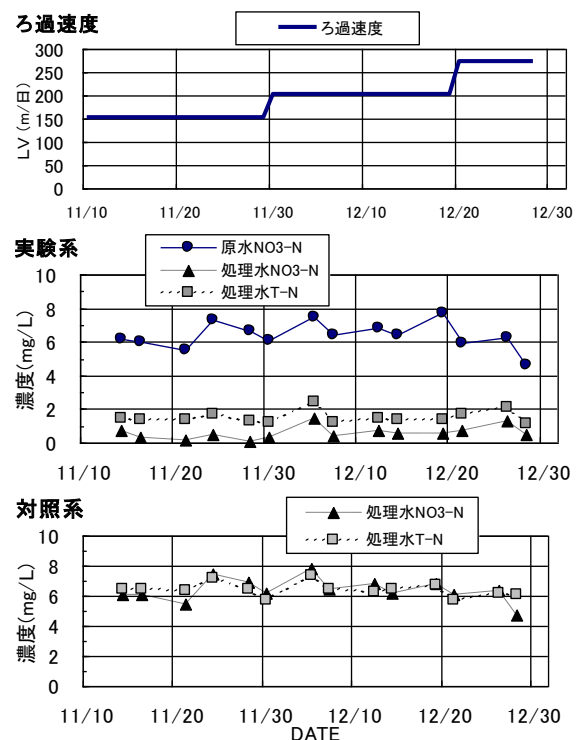


図-4 ろ過速度 150～280m/日の経日グラフ

を示す。ろ過速度 100m/日～200m/日ではろ過速度を大きくすると、NO<sub>3</sub>-N 除去量は比例して増加したが、ろ過速度 280m/日では頭打ちとなった。

以上より、ろ過速度を 200m/日より大きくしても十分な除去効果が期待できないことから、既存の砂ろ過設備（SS 除去用、ろ層高さ 1.0m）における最適なるろ過速度は 200m/日程度と考えられる。しかし、ろ層高さを高くできれば、NO<sub>3</sub>-N 除去のための容量が大きくなるので、より大きなろ過速度での除去は可能であると考えられる。

### 3.3 冬季の運転結果

表-3 にろ過速度 200m/日での冬季における運転結果を示す。試験設備での MeOH 添加は定量方式であるため、時間的な水質変動に対応できず、処理水有機物濃度を上昇させることなく NO<sub>3</sub>-N を完全に除去することが困難であった。そこで、MeOH 添加量は 18mg/L と原水 NO<sub>3</sub>-N 濃度の 2.8 倍（やや不足ぎみ）とした。このときの循環排水量は 11%で、砂ろ過器流入水（原水と排水の混合液）SS 濃度は 18mg/L 程度であった。

窒素濃度は処理水 T-N が 2.8mg/L、NO<sub>3</sub>-N が 2.4mg/L となり、目標水質 T-N 5mg/L 以下を満足する結果が得られた。処理水の SS 濃度は、0.5mg/L と高いレベルまで処理を行い、COD<sub>Mn</sub> 濃度は、MeOH を添加しているにもかかわらず除去することができた。

### 3.4 必要水質に応じた水質管理

試験結果より、MeOH 添加量を調節することで処理水 T-N 濃度を管理できることが確認できた。また、T-P 濃度は、凝集剤（PAC）添加量を調節することで必要水質に応じた管理をすることができる。

## 4. まとめ

既存の上向流移床型砂ろ過設備を改造して窒素除去試験を行った結果、以下の成果が得られた。

- ① 省スペースであり、水処理設備（反応タンク設備）を増設せずに処理水 T-N 濃度を 1～2mg/L 程度に確保することができた。
- ② メタノール添加量をコントロールすることで、処理水 T-N 濃度を制御することができた。また、T-P 濃度についても反応タンクに添加する凝集剤添加量をコントロールすることで制御できることから、必要水質に応じた運転を行うことができる。これより現在検討が進められている窒素・りん栄養塩類に関する高度処理共同負担事業に応用することも可能である。

なお、本試験は、（財）愛知水と緑の公社と株式会社タクマとの共同研究である。

参考文献：1）第 42 下水道研究発表会講演集（東京都、タクマ発表）

問い合わせ先：（財）愛知水と緑の公社 矢作川・衣浦東部事業所 水質第一担当  
愛知県西尾市港町 1 番地 Tel：0563-59-0711 Fax：0563-59-0715

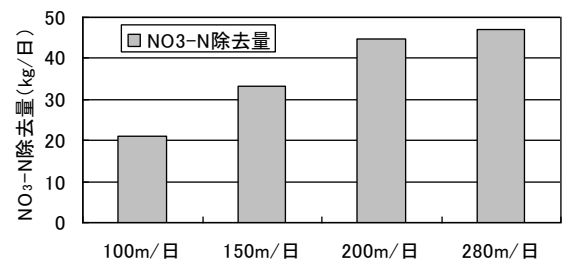


図-5 ろ過速度と NO<sub>3</sub>-N 除去量

表-3 冬季の運転結果

条件：ろ過速度 200m/日、水温 18.5℃、MeOH 添加量 18mg/L		
DO 濃度	原水	7.3 mg/L
	処理水	6.4 mg/L
T-N 濃度	原水	6.6 mg/L
	処理水	2.8 mg/L
NO <sub>3</sub> -N 濃度	原水	6.4 mg/L
	処理水	2.4 mg/L
SS 濃度	原水	1.7 mg/L
	処理水	0.5 mg/L
COD <sub>Mn</sub> 濃度	原水	7.1 mg/L
	処理水	6.9 mg/L